 doi 10.3969/j.issn.1673-4254.2015.09.30 J South Med Univ, 2015, 35(9): 1362-1365

技术方法

五指山小型猪肝脏的三维数字化建模

张立力[1],肖菊姣[2],许广威[2],孔祥雪[2],付茂庆[2],王张林[2],李鉴轶[2]
南方医科大学[1]护理学院,[2]人体解剖学教研室//广东省医学生物力学重点实验室,广东 广州 510515

摘要:目的 建立五指山小型猪肝脏的三维数字化模型,并进行肝脏相关术式的虚拟设计,为肝切除术培训提供参考模型。**方法** 用过氯乙烯乙酸乙酯材料混合氧化铅灌注胆总管、肝总动脉,牙托材料混合氧化铅灌注肝静脉、门静脉。对灌注后的肝脏标本进行CT扫描,所获得的数据用mimics软件进行三维重建,并设计肝切除术的断层图像。用浓盐酸腐蚀灌注标本,制作小型猪肝内管道结构铸型标本。**结果** 铸型标本轮廓较饱满,管道末梢细密,可显示门静脉、肝静脉的5~6级分支,肝动脉、胆管的3~4级分支。三维数字化模型立体感强,可清晰显示肝静脉、门静脉的3~4级分支,肝动脉、胆管的2~3级分支。三维数字化模型显示的分级数比铸型标本少,但能显示的管道结构分布走行情况与铸型标本相同。虚拟切割肝组织,可清晰显示肝断面的管道结构与肝脏软组织的空间位置关系。**结论** 三维数字化模型可清晰立体地显示肝脏内部管道结构的分布走行,虚拟术式设计可提供大致的肝脏断面管道结构分布情况,为腹腔镜肝切除术培训提供数字化参考模型。
关键词:三维重建;培训;铸型标本;腹腔镜肝切除术

Construction of a three-dimensional digital model of the liver of Wuzhishan mini-pig

ZHANG Lili[1], XIAO Jujiao[2], XU Guangwei[2], KONG Xiangxue[2], FU Maoqing[2], WANG Zhanglin[2], LI Jianyi[2]
School of Nursing[1], Department of Anatomy, Guangdong Province Key Laboratory of Medical Biomechanics, School of Basic Medicine Science[2], Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective To construct a three-dimensional (3D) liver model of Wuzhishan mini-pig for virtual liver surgeries. **Methods** The biliary tree and hepatic arteries of Wuzhishan mini-pig were perfused with perchloroethylene and ethyl acetate along mixed with lead oxide, and the hepatic vein and portal vein were perfused with a mixture of dental base acrylic resin and lead oxide. The sectional images were acquired using a 64-slice spiral CT, and the 3D models of the portal vein, hepatic vein, biliary tree, hepatic arteries, and liver parenchyma were reconstructed using Mimics software; the resection image of the liver was also designed. The intrahepatic vascular cast was prepared by corroding the soft tissue with hydrochloric acid. **Results and Conclusion** The intrahepatic vascular cast obtained fully retained the vascular architecture and displayed the fifth- and sixth-level branches of the hepatic vein and portal vein and the third- and fourth-level branches of the artery and bile duct. The 3D model of liver allowed stereoscopic and accurate display of the third- and fourth-level branches of the hepatic vein and portal vein and the second- and third-level branches of the artery and bile duct. The 3D model showed fewer branches but represented the structural distribution identical to the cast. The 3D model could clearly display the spatial relationship between the vasculature and the soft tissue in virtual resection of the liver tissues, and thus provides a useful model for training of laparoscopic liver resection.
Key words: three-dimensional reconstruction; training; casting; laparoscopic liver resection

猪的解剖生理结构以及疾病发生机理与人较为相似[1],小型猪因体积小,易于饲养和管理等优点而被广泛应用研究。用小型猪作为活体动物培训模型,能开展复杂技术培训以及新术式的探索,让受训者掌握一次与人体手术类似的经验[2-4]。在肝胆外科高级培训及新术式的开展方面,小型猪是最佳活体动物模型。但肝脏的解剖结构复杂,小型猪肝脏分叶多,与人体肝脏还存在一定的差异,使得外科医生在培训过程中因不熟悉小型猪肝脏解剖结构而造成不必要的出血。因此,为提高培训的有效性,有必要对小型猪肝脏进行解剖结构的研究。已有研究报道西藏小型猪和普通小型猪肝脏管道结构的铸型标本[5-6],但是铸型标本没有周围软组织结构,无法显示管道与软组织的空间位置关系,因为并不能给受训者一个非常有效的参考。此外,目前还未见五指山小型猪肝脏铸型标本及三维数字化建模的报道。

鉴于此,本研究拟对灌注后的小型猪肝脏进行CT扫描,利用获得的CT数据进行三维重建,清晰立体地显示肝内管道结构在肝脏软组织内分布走形情况,并进行培训术式的虚拟设计,旨在为肝切除术培

收稿日期:2015-02-11
基金项目:广东省自然科学基金(S2011010004179);广州市科研条件建设项目(穗科信字[2011]233—39号)
作者简介:张立力,博士,教授,电话:020-61648340,E-mail: zhanglili_gz@ 126.com
通信作者:李鉴轶,博士,副教授,电话:020-62789091,E-mail: wuxili@fimmu.com

训提供解剖结构参考。

1 材料和方法

1.1 小型猪肝脏取材和灌注

取新鲜的保留肝门和小段下腔静脉的五指山小型猪(体质量24.4 kg)肝脏,用生理盐水冲洗肝内管道,排尽淤血。用25%过氯乙烯乙酸乙酯溶液混合氧化铅灌注肝总动脉和胆总管,氧化铅浓度为8 g/100 mL。分别隔0.5、1、1.5、2 h补灌注1次,共补注4次。肝总动脉共灌注填充剂约6 mL,胆总管共灌注填充剂约15 mL,其中约有10 mL进入胆囊。福尔马林防腐固定24 h,用牙脱材料(自凝牙脱粉100 g:自凝牙托水100 mL)混合氧化铅快速灌注下腔静脉和门静脉,氧化铅浓度为6 g/100 mL,门静脉共灌注牙托材料约20 mL,下腔静脉共灌注牙脱材料约38 mL。牙托材料固化后,去除各个管道的玻璃插管,清除肝脏表面杂质。

1.2 三维数字化建模与铸型标本的制作

将灌注好的标本利用东芝64排螺旋CT进行断层扫描,获得的断层图像数据以DCIOM格式保存。扫描参数:扫描电压120 kV,电流20.00 mAs,矩阵512*512,层厚为0.980 mm。将数据导入三维重建软件Mimics14.0(Materialise公司,比利时)中,用软件中的“选定阈值”“编辑蒙板”“剖切”等功能分割肝静脉、门静脉、胆管、肝动脉,并进行三维重建。用重建三维模型进行多种术式的虚拟切割,显示肝脏断面管道结构与周围软组织空间位置关系。

将CT扫描后的标本放入浓盐酸中进行腐蚀,约1周后取出标本用自来水冲洗,修剪末梢管道结构。

2 结果

2.1 肝脏管道铸型标本

铸型标本轮廓较饱满,末梢细密,修剪后的标本可显示门静脉、肝静脉的5~6级分支,肝动脉、胆管的3~4级分支(图1A、B)。





图1 五指山小型猪的肝脏铸型标本

Fig.1 Cast specimen of the liver of Wuzhishan mini-pig. Blue is the hepatic vein, yellow the portal vein, pink the hepatic artery, and green the biliary tract. *A*: Visceral view; *B*: Diaphragmatic view.

2.2 肝脏管道三维数字化模型

重建后的三维模型立体感强,可清晰显示肝静脉、门静脉的3~4级分支,肝动脉、胆管的2~3级分支(图2A、B),与铸型标本比较,三维数字化模型显示的管道分级数比铸型标本少,其管道结构分布走行情况与铸型标本相同。

虚拟切割左半肝、肝左外侧叶外1/3肝组织,可清晰显示肝断面的管道结构与周围软组织的空间位置关系(图3A、B)。

3 讨论

肝脏内部管道结构错综复杂,术中稍有不慎就会导致出血。在应用活体五指山小型猪进行高级腹腔镜肝切除术培训过程中,有必要对小型猪肝脏的内部管道结构进行研究。管道铸型技术是传统的显示管道结构的重要方法,其能显示的最小分支的直径可达到0.2 mm[7]。但是铸型标本的肝脏软组织结构已被腐蚀掉,只保留其内部的管道结构,无法直观立体地显示管道结构与软组织之间的空间位置关系,无法给受训者提供有效的参考,同时,管道铸型标本也无法进行后期的虚拟手术模拟。

三维重建技术是构建三维的、虚拟的、可调控的可视化模型,在医学诊断、手术规划、整形及假肢外科等方面有广泛的应用,通过对三维模型进行缩放、旋转和虚拟切割等,外科医生可以多角度、多层次进行观察和分析[8-12]。在肝脏外科方面,预先对病人肝脏进行三维数字化研究,能明显提高外科医生术中解剖定位能力,缩短手术时间、有效防止术中出血等并发症的发生[13-15]。因而,本研究采用三维数字化技术为受训者提供小型猪肝脏解剖结构参考模型。

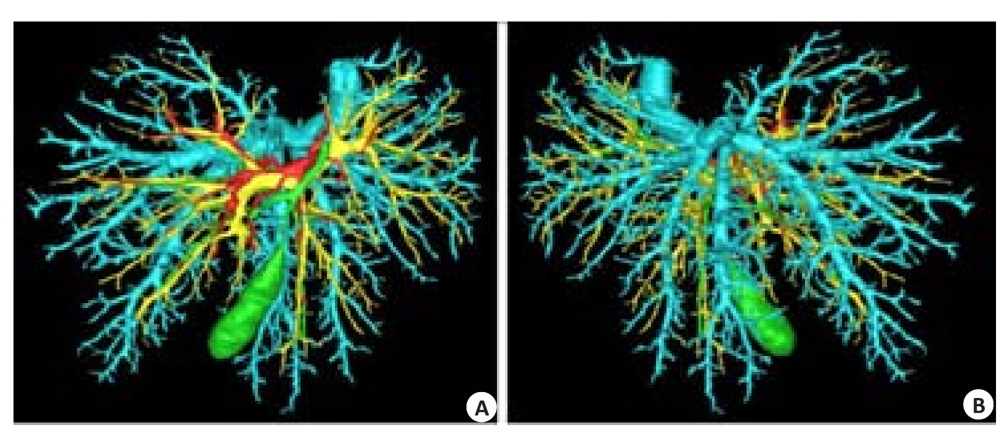


图2 五指山小型猪的肝脏三维重建模型

Fig.2 3D reconstruction model of the liver of Wuzhishan mini-pig. Blue is the hepatic vein, yellow the portal vein, red the hepatic artery, and green the biliary tract. *A*: Visceral view; *B*: Diaphragmatic view.

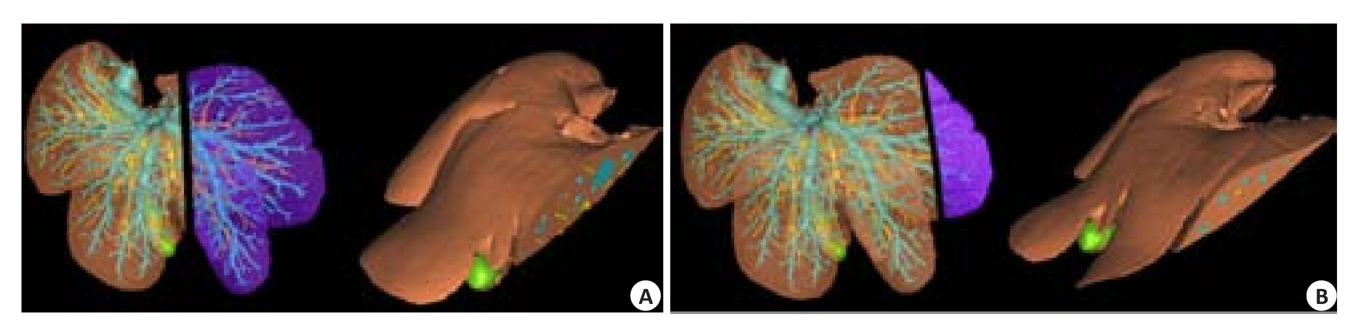


图3 五指山小型猪虚拟肝切除术及其断面

Fig.3 Virtual hepalobectomy and the resection image of Wuzhishan mini-pig. *A*: Virtual left liver resection and the resection image showing the spatial relationship between the vasculature and the liver parenchyma; *B*: Virtual 1/3 left lateral lobectomy and the resection image.

有研究表明小型猪肝内管道结构变异较少见[16],因而本研究仅灌注1个肝脏用于铸型标本的制作及三维数字化模型的构建。对灌注后的五指山小型猪肝脏标本进行CT扫描,所获数据进行三维重建,成功的重建出了肝实质、肝内胆道系统、肝动脉、门静脉以及肝静脉。其中肝静脉、门静脉显示3~4级分支,肝动脉和胆管显示2~3级分支。由于三维数字化模型是根据肝脏CT数据重建而成,重建模型精细程度受CT扫描参数及重建软件等因素影响,因而本数字化模型显示的管道结构分级比铸型标本少,但是数字化模型管道结构分布走行情况与铸型标本相同。由于肝脏手术及肝切除培训中,3 mm以下管道均可以用超声刀封闭[17],因而此模型能够满足培训需求。

本研究中,用不同颜色分别显示肝脏的四套不同管道,将肝脏软组织结构设置成透明,可以清晰显露肝脏内部管道结构与肝脏软组织的空间位置关系,在计算机中可将模型进行放大缩小、隐藏显示目标管道以及任意角度旋转,可使受训者多层次、多角度地了解小型猪的内部解剖结构。此外,此三维数字化模型可以进行各种相关肝脏手术方式的虚拟切割,将肝实质设置成非透明,可以清晰地显示各管道结构在肝断面的位置分布,受训者进行特定术式培训前、培训中均可观察三维模型内管道的整体分布情况及重要管道在肝断面的位置分布,做到心中有数,提高术中重要管道的定位能力,从而避免损伤。我们选择了临床上比较简单的左半肝切除术及左外侧叶切除术进行虚拟切割设计,并与培训手术中真实肝脏切面相比较,两者空间位置关系基本一致。相信受训者通过参考此三维数字化模型,可以帮助他们提高培训效果。

参考文献:

[1] Court FG, Wemyss-Holden SA, Morrison CP, et al. Segmental nature of the porcine liver and its potential as a model for experimental partial hepatectomy[J]. Br J Surg, 2003, 90(4): 440-4.

[2] Laird A, Stewart GD, Hou S, et al. A novel bovine model for training urological surgeons in laparoscopic radical nephrectomy [J]. J Endourol, 2011, 25(8): 1377-83.

[3] Zhang H, Liu T, Wang Y, et al. Laparoscopic left hepatectomy in swine: a safe and feasible technique[J]. J Vet Sci, 2014, 15(3): 417-22.

[4] He BL, Musk GC, Mou LJ, et al. Laparoscopic surgery for orthotopic kidney transplant in the pig model[J]. J Surg Rese, 2013, 184 (2): 1096-101.

[5] 周忠信, 王 捷, 赵善广. 小型猪的肝内管道铸型标本的制作[J]. 上海实验动物科学, 2001, 21(3): 163-4.
[6] 那顺巴雅尔, 吴清洪, 陈 丽, 等. 西藏小型猪部分脏器血管铸型标本制作[J]. 中国比较医学杂志, 2008, 18(10): 48-51, 插6.
[7] 王兴海主编李忠华. 解剖学技术[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1986.
[8] 何晓乾. 医学图像三维重建技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2006.
[9] Wei XF, Zhang XY, Yuan WU, et al. Accuracy of computer-aided geometric three-dimensional reconstruction of the human petrous bone based on serial unstained celloidin sections[J]. Exp Ther Med, 2015, 9(4): 1113-8.
[10] Tian Y, Cui B. [Three-dimensional reconstruction and visualization of the fronto-ethmoidal cells based on CT images][J]. Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi, 2014, 28(20): 1573-1576.
[11] Ma XJ, Tao L, Chen X, et al. Clinical application of three-dimensional reconstruction and rapid prototyping technology of multislice spiral computed tomography angiography for the repair of ventricular septal defect of tetralogy of Fallot[J]. Genet Mol Res, 2015, 14(1): 1301-9.
[12] Bagaria V, Deshpande S, Rasalkar DD, et al. Use of rapid prototyping and three-dimensional reconstruction modeling in the management of complex fractures[J]. Eur J Radiol, 2011, 80(3): 814-20.
[13] Lamata P, Lamata F, Sojar V, et al. Use of the resection map system as guidance during hepatectomy[J]. Surg Endosc, 2010, 24(9): 2327-37.
[14] 周五一, 方驰华, 黄立伟, 等. 肝脏管道灌注后数字化虚拟肝脏及其手术[J]. 第四军医大学学报, 2006, 27(8): 712-6.
[15] Chen G, Li XC, Wu GQ, et al. Three-dimensional reconstruction of digitized human liver: based on Chinese Visible Human[J]. Chin Med J (Engl), 2010, 123(2): 146-50.
[16] 冷建军, 董家鸿, 韩本立, 等. 巴马小型猪肝脏应用解剖学观察[J]. 消化外科, 2004, 3(3): 181-4.
[17] 潘光栋, 杨建青, 褚光平, 等. Ligasure 联合超声刀在肝胆外科开腹手术中的应用[J]. 微创医学, 2009, 4(4): 340-2.

（编辑：经 媛）